

# Messung der Nebenaussendungen von GSM-, DCS1800- und PCS1900-Transmittern mit den Spektrumanalysatoren der FSE- Familie

---

## Application Note 1EPAN17D

Änderungen vorbehalten

01.03.1996, Josef Wolf

Produkte:

**FSEA 20/30, FSEB 20/30**



**ROHDE & SCHWARZ**

## Zusammenfassung

Die Messung der Nebenausstrahlungen von Transmittern für GSM-, DCS-1800- und PCS-1900-Übertragungssysteme erfordert einen hohen Aufwand, da die Dynamikeigenschaften von üblichen Spektrumanalysatoren nicht ausreichend sind. Mit schmalbandigen Notchfiltern wird dabei das Nutzsignal weggefiltert, um die notwendige Meßdynamik zu erreichen. Mit den Spektrumanalysatoren der FSE-Familie ist es erstmals möglich, ohne Notchfilter die geforderten Grenzwerte für Nebenausstrahlungen im Sendeband und außerhalb des Empfangsbandes nachzuweisen.

Das Meßproblem wird anhand von GSM-Basisstationen beschrieben und dessen Lösung mit dem FSE erläutert.

## Meßgrößen

Neben der einwandfreien Übertragung von Sprache oder Daten im Nutzkanal ist bei Funkübertragungssystemen auch dafür zu sorgen, daß andere Teilnehmer oder Funkdienste durch die Übertragung nicht beeinträchtigt werden. Damit der Funkverkehr in Nachbarkanälen oder bei benachbarten Diensten ungestört abgewickelt werden kann, sind nur sehr geringe Nebenausstrahlungen zuzulassen. Die Messung von Nebenausstrahlungen (spurious emissions) von Mobil- und Basisstationen stellt sowohl bei GSM als auch bei DCS 1800 und PCS 1900 sehr hohe Anforderungen an die Meßdynamik des dazu notwendigen Spektrumanalysators.

In den betreffenden Spezifikationen werden dabei drei verschiedene Frequenzbänder unterschieden, für die eigene Meßeinstellungen und Grenzwerte gelten:

- Sendebereich der Basisstation oder des Mobiles
- Empfangsbereich der Basisstation oder des Mobiles
- alle übrigen Frequenzen von 9 kHz bis 12,75 GHz.

### Sendebereich der Basisstation

Hier müssen die Nebenausstrahlungen abhängig vom Trägerabstand mit unterschiedlichen Auflöseseitenbandbreiten gemessen werden.

Die maximale Leistung darf unabhängig von der Leistung der Basisstation -36 dBm betragen. Dabei ist die Messung mit Peak Hold durchzuführen.

Offset zur Sendefrequenz	Auflösebandbreite
≥ 600 kHz	10 kHz
≥ 1,8 MHz	30 kHz
≥ 6 MHz	100 kHz

### Empfangsbereich der Basisstation.

Die Messung ist hier mit 30 kHz Auflöseseitenbandbreite durchzuführen. Der Grenzwert ist -103 dBm, gemessen mit Peak Hold. Er entspricht der Empfindlichkeitsgrenze der Empfänger.

### Übrige Frequenzen

Die Nebenausstrahlungen werden abhängig vom Abstand zum Sendeband mit folgenden Bandbreiten gemessen:

Abstand zum Sendeband	Auflösebandbreite
≥ 2 MHz	30 kHz
≥ 5 MHz	100 kHz
≥ 10 MHz	300 kHz
≥ 20 MHz	1 MHz
≥ 30 MHz	3 MHz

Die Messung ist mit Peak Hold durchzuführen. Bis 1 GHz darf der Pegel der Nebenausstrahlungen maximal -36 dBm und ab 1 GHz maximal -30 dBm sein.

Die geforderten Grenzwerte für die Nebenausstrahlungen stellen erhebliche Anforderungen an die Dynamik und an das Seitenbandrauschen des Spektrumanalysators, vor allem bei hohen Sendeleistungen der Basisstation. Wenn man zum Beispiel die Anforderungen bei der Messung einer Basisstation mit 20 W (=43 dBm) Ausgangsleistung im Sendeband bei 6 MHz Trägerabstand betrachtet, ergeben sich folgende Werte:

Mit 100 kHz Auflöseseitenbandbreite muß ein Signal mit 79 dB Abstand zum Träger mit Peak Hold gemessen werden.

Bei einem maximalem Mischerpegel von -10 dBm ist damit ein Rauschpegel von -99 dBm (Spitzenwert bei 100 kHz Bandbreite) für 10 dB Abstand des Eigenrauschpegels zum Grenzwert notwendig. Dies erfordert ein Rauschmaß des Spektrumanalysators von ca. 15 dB nach folgender Formel:

$$\text{NF} = -174 \text{ dBm} + 10 \times \log(100 \text{ kHz} / 1 \text{ Hz}) + 10 \text{ dB} - (-99 \text{ dBm}) = 15 \text{ dB},$$

wobei

-174 dBm = Thermisches Rauschen eines 50-Ω Widerstandes in 1 Hz Bandbreite,

50 dB =  $10 \times \log(100 \text{ kHz} / 1 \text{ Hz})$  = Rauscherhöhung bei 100 kHz Bandbreite gegenüber 1 Hz Bandbreite

10 dB = Unterschied zwischen Rauschspitzenwert und Rauscheffektivwert

99 dBm = max. zulässiger Spitzenwert des Rauschens.

Das Phasenrauschen darf bei 43 dBm Sendeleistung für 10 dB Abstand zum Grenzwert maximal 149 dBc/Hz betragen.

$$\text{Lc} = 43 \text{ dBm} - (-36 \text{ dBm}) + 10 \text{ dB}^1 + 10 \text{ dB}^2 + 50 \text{ dB} = 149 \text{ dBc/Hz}$$

wobei

Lc = SSB-Phasenrauschabstand des Spektrumanalysators.

43 dBm = Sendeleistung der Basisstation

-36 dBm = Grenzwert für Nebenaussendungen,

10 dB<sup>1</sup>) = Unterschied zwischen Rauschspitzenwert und Rauscheffektivwert

10 dB<sup>2</sup>) = Abstand des Eigenrauschens vom Grenzwert und

50 dB =  $10 \times \log(100 \text{ kHz} / 1 \text{ Hz})$  = Rauscherhöhung bei 100 kHz Bandbreite gegenüber 1 Hz Bandbreite

Da die Forderungen sowohl an das Eigenrauschen als auch an das Phasenrauschen von üblichen Spektrumanalysatoren nicht erfüllt werden können, werden schmalbandige Notchfilter verwendet, um das Nutzsignal zu unterdrücken. Die Filter bestehen aus mechanischen Hohlraumresonatoren, um den hohen Güteanforderungen zu genügen. Damit sind die hohen Forderungen nicht mehr notwendig, da nur noch ein geringer Teil der Nutzleistung an den Eingang des Spektrumanalysators gelangt.

Bei der Messung im Sendeband der Basisstation sind dazu mindestens 3 Notchfilter notwendig, da die Messung für den untersten, einen mittleren und den obersten Kanal vorgeschrieben ist. Bei automatischen Meßaufbauten, z.B. für die Produktion müssen dazu Relaisumschalter verwendet werden. Dies ist allein schon wegen der begrenzten Lebensdauer mechanischer Relais problematisch.

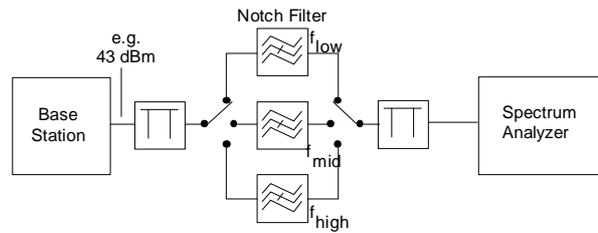


BILD 1 Konventioneller Meßaufbau für die Messung von Nebenaussendungen im Sendeband nach Rec 11.20

## Meßdynamik des FSE

Mit dem FSE können dank seiner dynamischen Eigenschaften und des geringen Phasenrauschens die geforderten Grenzpegel auch ohne Notchfilter nachgemessen werden. Der Meßaufbau wird damit wesentlich vereinfacht.

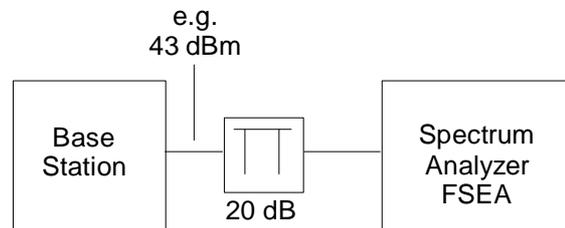


BILD 2 Meßaufbau mit dem FSE für die Messung von Nebenaussendungen im Sendeband nach Rec 11.20

Die Basisstation liefert zum Beispiel 43 dBm Ausgangspegel. Zwischen HF-Ausgang der Basisstation und Eingang des FSE muß ein 20-dB-Leistungsdämpfungsglied geschaltet werden, um den HF-Eingang des FSE nicht zu zerstören. Damit ist der Pegel am HF-Eingang des FSE +23 dBm.

Da sowohl das Nutzsignal als auch die Nebenaussendungen gleichermaßen um 20 dB gedämpft werden, beträgt der Grenzwert für die Nebenaussendungen -56 dBm.

Aufgrund der hohen Übersteuerungsfestigkeit des Signalpfads bis zum ZF-Filter kann der HF-Eingang um mindestens 15 dB übersteuert werden, ohne daß Kompression auftritt. Bei 0 dB HF-Dämpfung beträgt damit der maximale Eingangspegel + 5 dBm (= - 10 dBm maximaler Mischerpegel + 15 dB Übersteuerungsreserve). Wenn der Signalpfad bis zum ZF-Filter übersteuert wird, meldet der FSE am Bildschirm oder über die Fernsteuerschnittstelle die Übersteuerung (OVLD).

Bei 23 dBm Eingangspegel ist damit nur eine HF-Dämpfung von 20 dB notwendig. Der Mischerpegel beträgt damit +3 dBm. Die Rauschanzeige ist mit dieser Einstellung -75 dBm, nämlich:

-75 dBm = -145 dBm + 40 dB + 20 dB + 10 dB, wobei

-145 dBm = garantierte Rauschanzeige des FSEA bei 10 Hz Bandbreite,

40 dB =  $10 \times \log(100 \text{ kHz} / 10 \text{ Hz})$

20 dB = HF-Dämpfung

10 dB = Unterschied zwischen Spitzenwert des Eigenrauschens und Effektivwert.

Zum Grenzwert von -56 dBm erreicht der FSEA damit 19 dB Abstand. Der FSEB ist mit einer 3 dB höheren Rauschanzeige spezifiziert. Der Abstand zum Grenzwert ist bei ihm mindestens 16 dB.

Die zweite Bestimmungsgröße für die Meßdynamik - das Phasenrauschen - grenzt diese wie folgt ein:

Das Phasenrauschen in 6 MHz Abstand vom Träger ist beim FSEA typ. -153 dBc/Hz, beim FSEB aufgrund der internen Frequenzverdopplung typ. -147 dBc/Hz. Bei 6 MHz Trägerabstand ist eine Auflösebandbreite von 100 kHz vorgeschrieben. Dies ergibt bei 23 dBm Eingangspegel am FSE folgenden Rauschpegel:

$$\begin{aligned} P_{\text{Rausch}} &= 23 \text{ dBm} - 153 \text{ dBc/Hz} - 10 \times \log(100 \text{ kHz} / 1 \text{ Hz}) - 10 \text{ dB} \\ &= -70 \text{ dBm, wobei} \end{aligned}$$

23 dBm = Pegel am HF-Eingang des FSE

153 dBc/Hz = SSB-Phasenrauschen des FSE

50 dB =  $10 \times \log(100 \text{ kHz} / 1 \text{ Hz})$  = Erhöhung des Rauschens bei 100 kHz Bandbreite gegenüber 1 Hz Bandbreite

10 dB = Unterschied zwischen Spitzenwert des Eigenrauschens und Effektivwert.

Der Abstand vom -56-dBm-Grenzwert beträgt damit 14 dB. Aufgrund des 6 dB höheren Phasenrauschens beträgt der Abstand zum Grenzwert beim FSEB 8 dB. Der Abstand nimmt proportional zur Sendeleistung ab oder zu. Zum Beispiel erhöht sich bei nur 39 dBm Sendeleistung der Abstand um 4 dB auf 18 dB bzw. 12 dB.

Für andere Frequenzabstände zwischen 0,6 und 25 MHz kann das Phasenrauschen des FSEA aus dem Diagramm BILD 3 entnommen werden.

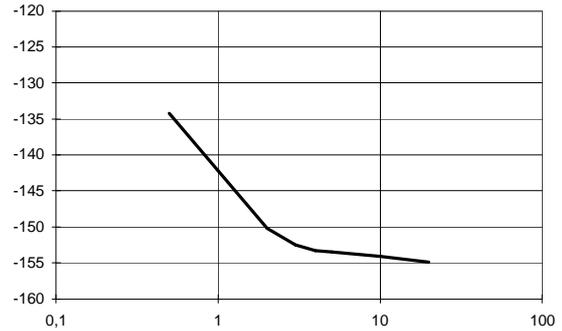


BILD 3 SSB-Phasenrauschen des FSEA über dem Frequenzoffset (horizontal: Frequenz in kHz; vertikal: dBc)

### Messung mit dem FSE

Im folgenden Beispiel wird als Sender der Rohde und Schwarz-Meßsender SMHU verwendet. Um die Eigenschaften des FSEA zu demonstrieren, ist zwischen Senderausgang und FSEA-Eingang ein ca. 2 MHz breiter Bandpaß auf der Sendefrequenz geschaltet, so daß das Sendesignal von Breitbandrauschen befreit wird. Bei kleineren Trägeroffsets ist dessen Phasenrauschen niedrig genug, um die Eigenschaften des FSE zu zeigen. Bei Verwendung eines anderen Meßsenders ist darauf zu achten, daß dessen Phasenrauschen nicht das Meßergebnis beeinflusst. Der gewählte Ausgangspegel des SMHU entspricht mit +13 dBm einer Basisstation mit 43 dBm und einem 30-dB-Dämpfungsglied zwischen Basisstation und FSE.

- Mit der Taste **[PRESET]** den FSE in Grundeinstellung bringen.
- Den Senderausgang mit dem HF-Eingang verbinden. Bei der Messung an einer Basis- oder Mobilstation ist unbedingt darauf zu achten, daß die Sendeleistung 30 dBm nicht übersteigt. Wenn dies der Fall ist, ist ein Leistungsdämpfungsglied zwischen Senderausgang und HF-Eingang zu schalten.
- Die Frequenz des SMHU auf 935,2 MHz und dem Pegel auf +13 dBm einstellen.
- Die Startfrequenz des FSE auf 941,2 MHz: **[START: 941.2 MHz]**. Die Stoppfrequenz auf 960 MHz einstellen: **[STOP: 960 MHz]**.
- Die HF-Dämpfung des FSE auf 10 dB einstellen: **[REF: ATTEN MANUAL: 10 dB]**

Anm.: Bei 13 dBm Senderleistung und 10 dB HF-Dämpfung ist der Signalzweig des FSE bis zum ZF-Filter nicht übersteuert (Leistung am Eingangsmischer = 3 dBm). Eine Übersteuerung würde durch die Anzeige **OVLD** am Bildschirm oben links angezeigt werden.

- Am FSE einen Pegeloffset von 30 dB einstellen

[REF: REF LEVEL OFFSET: 30 dB]

Anm.: Der Pegeloffset gleicht in der Pegelanzeige des FSE das 30-dB-Dämpfungsglied aus.

- Auflösungsbreite auf 100 kHz einstellen  
[COUPLING: RBW MANUAL: 100 kHz: VBW MANUAL: 300 kHz]

und die Kopplung RBW/VBW zu 0,3 wählen  
[COUPLING: COUPLING RATIO: RBW/VBW MANUAL 0.3 ENTER].

- Bewertung auf Peak-Hold einstellen  
[TRACE 1: DETECTOR: SAMPLE: ↑: MAX HOLD]

### Grenzwerte

Der Grenzwert für die Nebenaussendungen ist im betrachteten Frequenzbereich -36 dBm. Aufgrund des eingegebenen Pegeloffsets bleibt der Grenzwert unabhängig vom verwendeten Dämpfungsglied konstant. Der Offset muß nur dem Wert der Dämpfung zwischen Senderausgang und FSE-Eingang entsprechen.

Der Grenzwert kann als Grenzwertlinie definiert und angezeigt werden. Eine FSE-interne Überwachung des Grenzwerts bei automatischer Messung z. B. in der Produktion ist durch den Limit Check möglich. Bei eingeschalteter Überwachungsfunktion meldet der FSE

"Limit Pass" bei Einhaltung und

"Limit Fail" bei Überschreitung des Grenzwerte.

### Definition der Grenzwerte:

- Taste [LIMITS] drücken.
- Softkeys [NEW LIMIT LINE: NAME]: Namen, Domain, Scaling, Unit, Limit und bei Bedarf

Comment für den Grenzwert nach der untenstehenden Tabelle eingeben.

- Softkey [VALUES]: Stützwerte für den Grenzwert nach der untenstehenden Tabelle eingeben.
- Softkey [SAVE LIMIT LINE]: Die Grenzwertlinie wird unter dem betreffenden Namen auf der internen Harddisk gespeichert.

### Grenzwerttabelle

Name: GSM\_SPUR  
Domain: Freq  
Scaling: absolute  
Unit: dBm  
Limit: Upper

Frequency	Limit
9 kHz	-36 dBm
890 MHz	-36 dBm
890 MHz	-103 dBm
915 MHz	-103 dBm
915 MHz	-36 dBm
12,75 GHz	-36 dBm

Anmerkung: Die Definition enthält die komplette Grenzwertlinie von 9 kHz bis 12,75 GHz einschließlich des niedrigen Grenzwerts im Empfangsband des Basisstation. Damit kann sie für die Messungen in allen spezifizierten Frequenzbereichen verwendet werden.

### Grenzwertlinien einschalten:

- Taste [LIMITS] drücken.
- Cursor auf GSM\_SPUR stellen.
- ENTER-Taste drücken. GSM\_SPUR wird mit einem Häkchen markiert.
- Taste [CLR] 2 x drücken. Die Tabelle mit den Grenzwertlinien und das Limit Line-Menü werden ausgeblendet.

Das folgende BILD 4 zeigt die Messung der Nebenaussendungen im Sendeband bei GSM-Basisstationen mit den oben genannten Einstellungen.

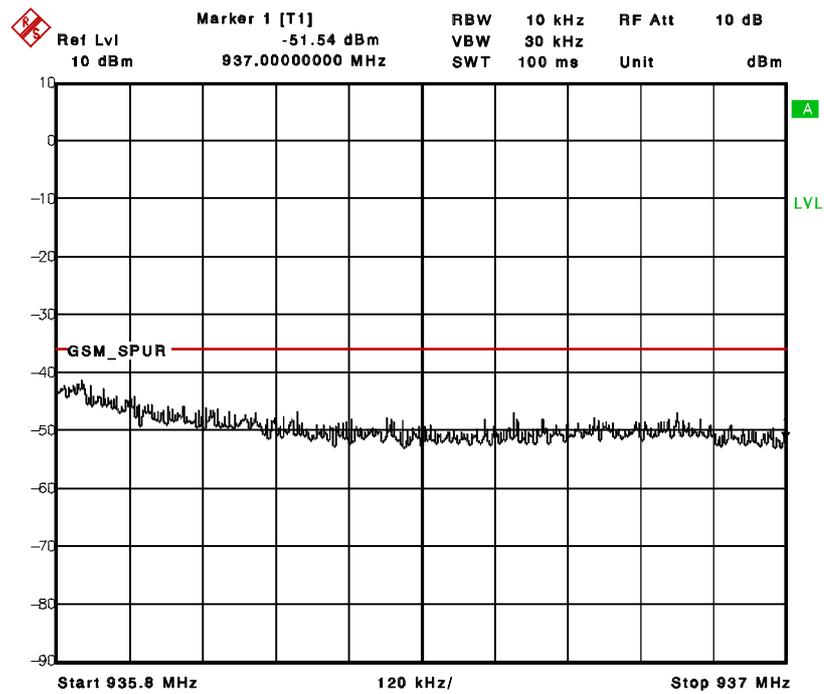


BILD 4 Eigenrauschanzeige des FSEA bei Messung der Nebenausstrahlungen im Sendeband einer GSM-Basisstation für den Frequenzoffset 600 kHz bis 1,8 MHz im Vergleich zum Grenzwert (RBW = 10 kHz, VBW = 30 kHz).

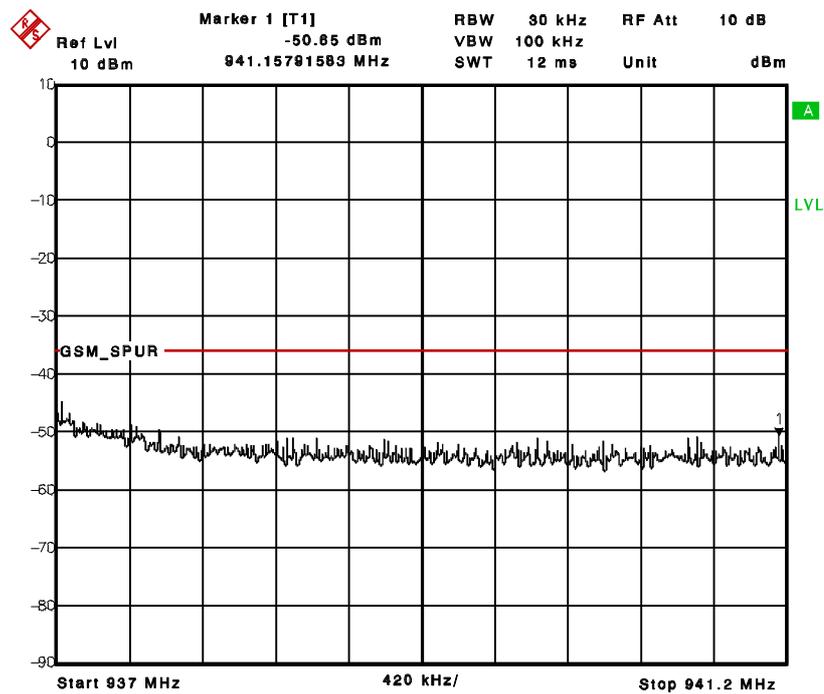


BILD 5 Eigenrauschanzeige des FSEA bei Messung der Nebenausstrahlungen im Sendeband einer GSM-Basisstation für den Frequenzoffset 1,8 bis 6 MHz im Vergleich zum Grenzwert (RBW = 30 kHz, VBW = 100 kHz).

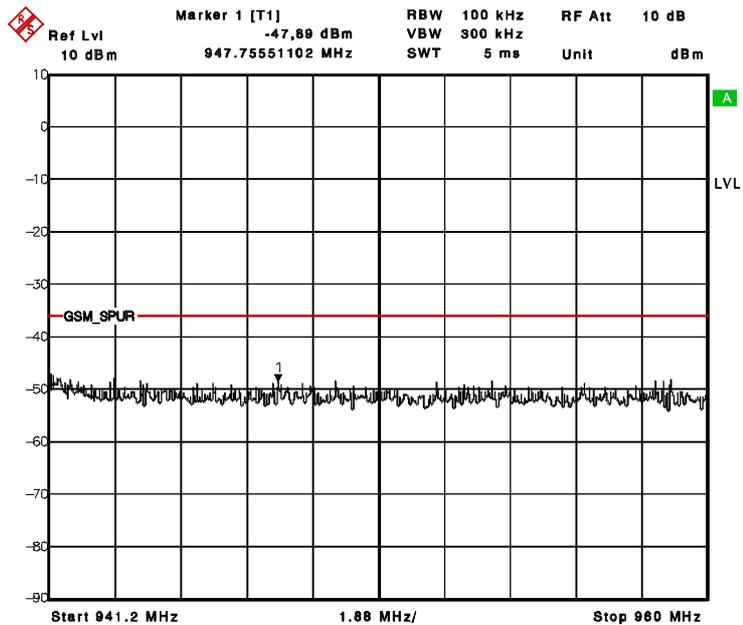


BILD 6 Eigenrauschanzeige des FSEA bei Messung der Nebenausstrahlungen im Sendeband einer GSM-Basisstation für den Frequenzoffset 6 bis 25 MHz im Vergleich zum Grenzwert (RBW = 100 kHz, VBW = 300 kHz).

Bei der Messung der Nebenausstrahlungen außerhalb des Sendebands gelten ähnliche Überlegungen wie im Sendeband. Bei Frequenzabständen ab 20 MHz muß hier mit 1 MHz Bandbreite und ab 30 MHz mit 3 MHz Bandbreite gemessen

werden. Maßgebend wird dabei anstatt des Phasenrauschens das thermische Eigenrauschen des FSE. Das folgende BILD 7 zeigt die Meßdynamik im Frequenzabstand ab 30 MHz.

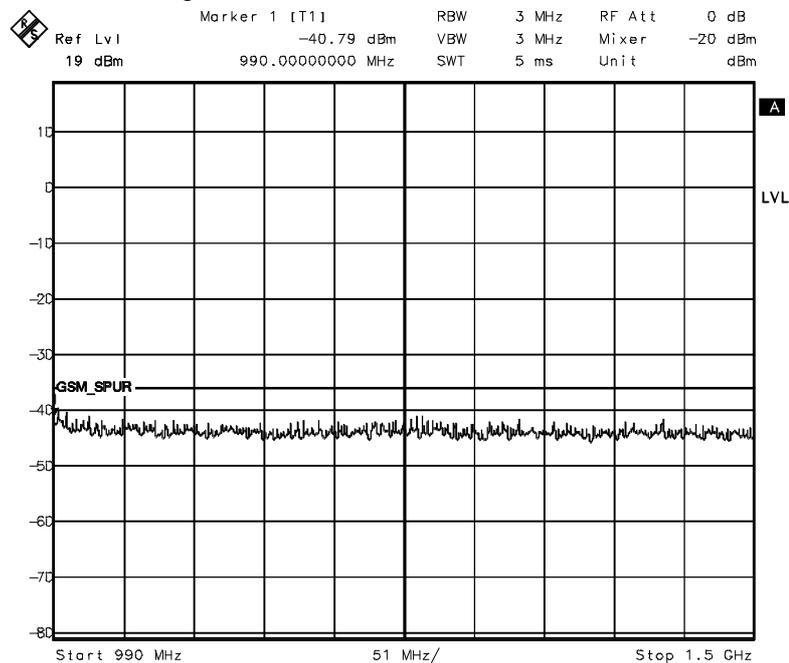


BILD 7 Eigenrauschanzeige des FSEA bei Messung der Nebenausstrahlungen Abstand ab 30 MHz vom Sendeband GSM-Basisstation im Vergleich zum Grenzwert (RBW = 3 MHz, VBW = 3 MHz).

Aufgrund des niedrigen Rauschmaßes bleibt beim FSEA auch hier noch genügend Meßdy-

namik, um Grenzwertüberschreitungen des Senders zu erkennen.

Unvermeidlich bleibt eine Bandsperre zur Unterdrückung des Sendesignals bei der Messung der Nebenaussendungen im Empfangsband. Der Grenzwert ist hier -103 dBm bei 30 kHz Bandbreite und damit 67 dB niedriger als bei den übrigen Frequenzen. Diese Bandsperre ist jedoch wesentlich unkritischer in Bezug auf die Flankensteilheit, da z. B. bei GSM Sende- und Empfangsband 20 MHz Abstand haben. Mit einer einzigen Bandsperre kann das gesamte Sendeband unterdrückt werden. Sie ist zudem nützlich für die Unterdrückung der FSE-internen Oberwellen bei der Messung der Nebenaussendungen bei den Harmonischen der Sendefrequenz.

Mit dem FSE sind damit aufgrund seiner hohen Übersteuerungsfestigkeit, seines niedrigen Rauschmaßes und seines geringen Seitenbandrauschens wesentlich einfachere Meßkonfigurationen zur Ermittlung der Nebenaussendungen möglich als bei bisherigen Spektrumanalysatoren.

Mit der Definition der geeigneten Grenzwertlinien ist eine schnelle Pass/Fail-Entscheidung bei automatischem Betrieb z. B. in der Produktion möglich.

Josef Wolf, 1ES2  
Rohde & Schwarz  
07.02.1996